
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

**Software pro zpracování dat naměřených
pH metrem MPH 372**

**Software for data processing measured with
pH meter MPH 372**

Bakalářská práce

Autor:
Vedoucí bakalářské práce:
Konzultant:

Pavel Dostražil
Ing. Jiřina Královcová, Ph.D.
RNDr. Miloslav Semler

V Liberci 19. 5. 2006

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 19.5.2006

Podpis:

Poděkování

Za vedení, cenné rady a celkovou podporu při tvorbě této bakalářské práce bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Jiřině Královcové, Ph.D. a svému konzultantu RNDr. Miloslavu Semlerovi.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s komunikací mezi počítačem a pH metrem MPH 372, principy zpracování naměřených dat a možnostmi vzdálené komunikace aplikací po TCP/IP. Jednotlivé kapitoly se zabývají danou problematikou nejprve v obecné rovině, následně popisují i konkrétní postupy řešení, které byly použity ve výsledné aplikaci. Výstupem práce je kromě předloženého textu i aplikace, která je spolu se zdrojovými kódy obsažena na přiloženém CD-ROM. Hlavním výsledkem je zejména uvedená výstupní aplikace, jež demonstruje nové možnosti pH metru MPH 372 a může tak případně zvýšit i jeho konkurenceschopnost. Vzhledem ke konstrukci aplikace, umožňující snadnou implementaci nových funkcí a zkušenostem autora nabytým v průběhu přípravy této práce, je možné aplikaci aktuálně přizpůsobit konkrétním požadavkům uživatele.

Klíčová slova: pH metr, RS 232, soubory, síťová komunikace.

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to introduce the communication between the computer and pH meter MPH 372, principles of processing measured data and the possibilities of distant communication applications with the use of TCP/IP. Each chapter deals with the above mentioned problems, first they are described generally and then with a particular proposal of solutions which were used in the application. The outcome of this bachelor thesis is not only a submitted text but also an application which is enclosed on the CD-ROM with the source codes. The above mentioned outcome application is especially important for submitter which demonstrates new abilities of pH meter MPH 372 and improves a competitive advantage. With regard to the construction of the application that enables easy implementation of new functions and experience gained by the author during the preparation of this thesis it is possible to adjust this application to specific requests of the user whenever it is needed.

Keywords: pH meter, RS 232, files, network communication.

Obsah

1. Úvod	7
2. Popis pH metru MPH 372	9
3. Měřicí funkce.....	11
3.1 Přenos dat – RS 232.....	11
3.2 Komunikační protokol pH metru MPH 372	14
3.3 Propojení pH metru MPH 372 s PC.....	16
3.4 Nejnižší komunikační vrstva	16
3.5 Střední komunikační vrstva	17
3.6 Nejvyšší komunikační vrstva.....	19
4. Zpracování a uchování dat.....	21
4.1 Typy souborů	21
4.2 Zpracování naměřených dat.....	22
4.3 Alarmy	23
5. Módy aplikace	25
5.1 Autonomní mód	25
5.2 Serverový mód.....	25
5.3 Klientský mód.....	26
6. Síťová komunikace	27
7. Závěr	29
Použitá literatura	30
Příloha A – Manuál k pH metru MPH 372	31
Příloha B – Návod k obsluze pH metru MPH 372	38

1. Úvod

Doba, kdy obsluha měřících přístrojů byla nucena veškeré údaje manuálně opisovat, ručně zpracovávat nebo alespoň přepisovat do počítače, se postupně stává minulostí. Téměř všechny moderní digitální přístroje nabízejí možnost propojení s PC. Není tomu jinak ani u pH metru „pH/mV/ion metr MPH 372“ (dále jen MPH 372) vyráběného firmou Monokrystaly s. r. o. Přístroj v sobě skrývá mikropočítač řady 8051, který mimo jiné zajišťuje komunikaci po sériové lince RS 232.

Ačkoliv se jedná o přístroj špičkové kvality, doposud nebyla vytvořena žádná aplikace umožňující zpracování naměřených dat pomocí PC. Pouze při vývoji samotného MPH 372 vznikl jednoduchý program pro testování funkčnosti sériové linky. Cílem této práce je vyplnit uvedenou „mezeru“ a dát přístroji nové možnosti použití.

Úvodní kapitola seznamuje čtenáře se samotným MPH 372, jeho manuálním ovládáním a principy jednotlivých měření. V následné, třetí kapitole je již probrán samotný problém komunikace mezi MPH 372 a PC. Počínaje obecnými principy komunikace pomocí sériové linky přes komunikační protokol MPH 372 až po samotné funkce, které v aplikaci zajišťují komunikaci mezi PC a MPH 372. Pro přehlednost jsou funkce rozděleny do tří vrstev podle úrovně služeb, které poskytují.

Čtvrtá kapitola se zabývá způsobem práce s daty. Popisuje základní charakteristiky souborů, jichž aplikace využívá, jejich klady a zápory. V závěru kapitoly jsou uvedeny konkrétní možnosti práce s daty, které aplikace nabízí.

Aby bylo možné jednu aplikaci přehledně používat pro přímé měření na MPH 372 přes sériovou linku a zároveň tutéž aplikaci použít v jiném případě pro vzdálené měření, je nutné jednoznačně určit funkci, kterou má v daný okamžik plnit. K tomuto účelu jsou v páté kapitole popsány tři módy, ve kterých se může aplikace nacházet, a funkce které jsou v příslušný okamžik dostupné.

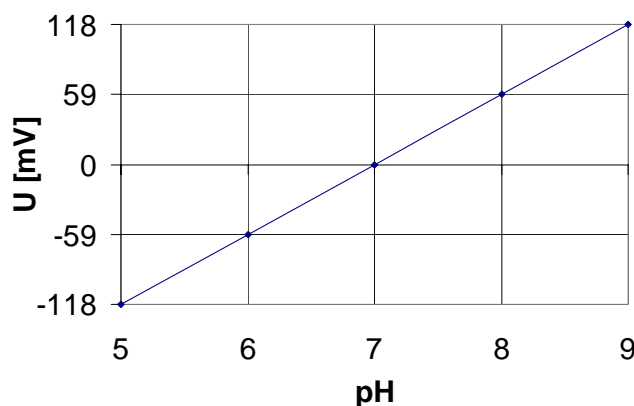
Poslední šestá kapitola se zabývá problémy síťové komunikace. Nastiňuje obecné principy komunikace v počítačových sítích a její konkrétní implementaci s využitím rozhraní „socket interface“.

V příloze A je uveden manuál k aplikaci realizované v rámci této bakalářské práce. Samotná aplikace, spolu se zdrojovými kódy, je obsažena na přiloženém CD-ROM. V příloze B je uveden návod k obsluze MPH 372.

2. Popis pH metru MPH 372

MPH 372 lze charakterizovat jako inteligentní milivoltmetr s velmi vysokým vstupním odporem. Jde o milivoltmetr s rozsahem $\pm 1999,9$ mV s přesností $\pm 0,2$ mV, k němuž je pomocí BNC konektoru připojena elektroda, jež se chová jako zdroj napětí v závislosti na roztoku, ve kterém je ponořena. Hlavní rozdíl oproti běžně používaným laboratorním voltmetrům je ve velikosti vstupního odporu v řádu $10^{13}\Omega$, což umožňuje bez větších nepřesností měřit napětí vznikající na elektrodách, jejichž odpor se pohybuje v řádu až $10^8\Omega$.

Před prvním měřením s danou elektrodou je třeba provést kalibraci, při níž změříme napětí dvou pufrů (roztoky, jejichž pH je přesně dáno chemickým složením a zůstává konstantní i při mírném znečištění). MPH 372 si do paměti uloží naměřenou hodnotu napětí s manuálně zadanou hodnotou pH. Z těchto údajů je schopen pro jakékoliv změřené napětí dopočítat příslušné pH. V ideálním případě je závislost pH na napětí zcela lineární, se směrnicí cca 59mV procházející nulou pro pH rovno sedmi (neutrální pH), jak znázorňuje obrázek 1. Těchto charakteristik nedosahují ani nové elektrody, které navíc vlivem degradace vnitřního roztoku „stárnou“ a tím se zhoršují jejich parametry. Proto je nezbytně nutné provést kalibraci při zapojení nové elektrody nebo po delším používání, kdy už elektroda mohla změnit své parametry. Ani linearita není zcela zaručena, a proto je vhodné použít pufrů, jejichž pH je blízké hodnotám, které se chystáme měřit.



Obrázek 1 Ideální charakteristika měřící elektrody

Velmi podobně lze měřit i koncentraci roztoků. Jediným rozdílem je tvar kalibrační křivky. Nejedná se již o lineární závislost, ale o logaritmickou, což s sebou přináší poměrně složitější aritmetiku, která je integrována v mikroprocesoru.

Stejně jako většina jiných fyzikálních dějů je i napětí vznikající na elektrodě závislé na teplotě. Přístroj však umožňuje při znalosti okolní teploty tento jev numericky kompenzovat a určovat pH s vysokou přesností i při různých teplotách. Informace získává pomocí připojené teplotní sondy. Pokud je sonda odpojena, počítá s hodnotou teploty uloženou ve své paměti, kterou lze nastavit manuálně pomocí klávesnice.

Přístroj umožňuje čtyři základní módy měření. V prvním se chová jako milivoltmetr měřící napětí na svém vstupu. Při přepnutí do druhého módu si uloží aktuální hodnotu napětí, kterou považuje za referenční, a dopočítává odchylku oproti této hodnotě. Ve třetím módu z naměřeného napětí, uložených kalibračních bodů a teploty dopočte aktuální pH měřeného roztoku. Jako poslední je měření koncentrace.

Kromě hlavního (velkého) displeje, na kterém zobrazuje hodnotu aktuálně měřené veličiny, je přístroj osazen čtyřmi menšími displeji, na kterých je zobrazována informace o směrnici a teplotě, popřípadě o kalibračních bodech jak znázorňuje obrázek 2.



Obrázek 2 Displeje MPH 372 (vlevo hlavní, ve středu dva pro směrnici a vpravo dva pro teplotu)

Podrobnější technické specifikace a konkrétní postupy pro daná měření lze nalézt v příloze B (Návod k obsluze, který je součástí této práce).

3. Měřicí funkce

3.1 Přenos dat – RS 232

Pro přenos informace lze v principu využít dva způsoby – sériový a paralelní. Při paralelním přenosu je vysíláno více bitů najednou (obvykle celý byte), což vyžaduje současně provozovat více vysílačů, přijímačů a přenosových cest, čímž se výrazně zvedá cena. Díky tomuto jevu a technologickému vývoji, který umožnil značné zrychlení sériového přenosu, se dnes s paralelním přenosem příliš často nesetkáváme. Posledním pozůstatkem je LPT port, který využívají hlavně tiskárny a plottery. Ani pro experimentální účely se nejedná o příliš používané rozhraní, protože v sobě nemá implementovanou žádnou ochranu proti přetížení a kvůli drobné chybě může velmi snadno dojít k jeho zničení.

Naproti tomu se sériovým přenosem informace se setkáváme prakticky na každém kroku. Počínaje již zmíněným RS 232, přes USB, které jej postupně vytlačuje, a počítačovými sítěmi konče. Nelze ani opomenout bezdrátové přenosy pomocí elektromagnetického vlnění IrDA, Wi-Fi a Bluetooth.

RS 232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení ve vzdálenosti maximálně 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím, než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího impulsu.

Pro popis jednotlivých pinů konektoru je třeba nejprve podotknout, že RS 232 byl původně navržen pro spojení počítače s modemem. Z tohoto hlediska lze koncová zařízení rozdělit na dva druhy. DTE (Data Terminal Equipment) – koncové zařízení přenosu dat, nejčastěji reprezentováno počítačem, a DCE (Data Communication Equipment) – komunikační datové zařízení (ukončující zařízení datového okruhu), které představoval modem.

Tabulka 1 Popis pinů RS 232

číslo pinu		název	směr	popis
9-pin	25-pin			
3	2	TxD	out	data vysílaná z DTE
2	3	RxD	in	data přijímaná do DTE
7	4	RTS	out	signál vysílaný z DTE; sděluje DCE, že DTE je připraveno přijímat data
8	5	CTS	in	signál vysílaný z DCE; sděluje DTE, že DCE je připraveno přijímat data DTE a vysílat je do komunikačního kanálu
6	6	DSR	in	signál vysílaný z DCE; sděluje DTE, že DCE je funkční a připraveno komunikovat
5	7	GND	-	signálový zemní vodič Ground
1	8	DCD	in	signál vysílaný z DCE; sděluje DTE, že byl detekován signál vysílaný modemem na opačném konci komunikačního kanálu
4	20	DTR	out	signál vysílaný z DTE; sděluje DCE, že DTE je funkční
9	22	RI	in	signál vysílaný z DCE; indikuje „vyzváněcí“ signál v komunikačním kanálu (např. telefonní lince)

RS 232 využívá řada různorodých zařízení, jejich komunikace nemusí být tak robustní. Pro nejjednodušší spojení si vystačíme se třemi vodiči TxD, RxD a GND. Pokud chceme řídit tok, lze využít standardní pěti či sedmivodičové zapojení.

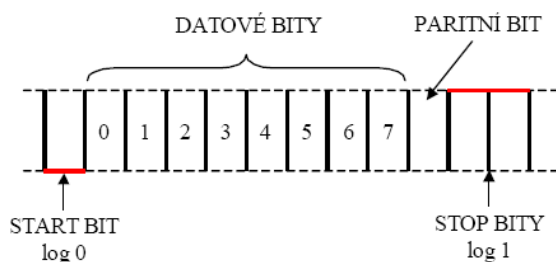
RS 232 používá dvě napěťové úrovně. Log. 1 je někdy označována jako marking state

Tabulka 2 – napěťové úrovně RS 232

úroveň	napětí
log 0	+3 V až +15 V
log 1	-3 V až -15 V
nedefinováno	-3 V až +3 V

nebo také klidový stav, log. 0 se přezdíva space state. Log. 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco log. 0 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů.

Komunikace je asynchronní, port je schopen současně vysílat data na jedné lince Tx a přijímat data na druhé lince Rx (vyjíměčně může být i synchronní).



Obrázek 3 Přenášený paket

Na obrázku 3 je znázorněno, jak probíhá odeslání jednoho bytu. Nejprve se vyšle start bit, jehož logická úroveň je 0, podle kterého přijímač identifikuje začátek přenosu. Následuje přenášená informace, která je reprezentována sedmi nebo osmi datovými bity. Pak může následovat paritní bit, k jehož funkci se dostaneme později. Komunikace je ukončena pomocí jednoho, jednoho a půl nebo dvou stop bitů. Více stop bitů zpomaluje přenos, ale dává zařízením více času na vzájemnou synchronizaci.

Parita je nejjednodušší způsob jak bez nároků na výpočetní výkon zabezpečit přenos dat. Pro sudou, resp. lichou paritu se ve vysílacím zařízení sečte počet jedničkových bitů a doplní se paritním bitem tak, aby byla zachována předem dohodnutá podmínka sudého nebo lichého počtu jedničkových bitů. Občas se využívá tzv. space (nulová) parita, kde je paritní bit vždy v log. 0. Používá se například při komunikaci 7bitového zařízení s 8bitovým, kdy paritní bit nahrazuje tvrdou log. 0 poslední bit v bytu, a tím je zachována kompatibilita s 8bitovým přenosem. Poslední možností je tzv. mark parita, kdy je paritní bit nastaven tvrdě na log. 1.

Při některých druzích komunikace je třeba vědět, zda protějščí strana spojení je připravena přijímat naše vysílání. Pro toto řízení toku dat, tzv. handshaking, je možné použít dva způsoby. Softwarová korespondence, kde se vysílají speciální znaky XON (znak 17 ASCII tabulky) a XOFF (znak 19), které informují o připravenosti a zaneprázdněnosti přijímače. Je-li však potřeba v toku dat znaky XON/XOF vyslat, je

nutné vyslat speciální sekvenci znaků, což samozřejmě přenos dat obsahujících převážně tyto znaky značně zpomalí. Druhou možností je využití hardwarové korespondence, při níž příjemce informuje o svém stavu pomocí dalších vodičů, z čehož plyne, že ji lze použít pouze u pěti a sedmivodičového zapojení.

3.2 Komunikační protokol pH metru MPH 372

MPH 372 využívá standardní třívodičové zapojení DTE-DTE, kabel má tedy obě koncovky „female“ a vodiče TxD a RxD jsou zapojeny křížem. MPH 372, se kterým jsem pracoval, však vlivem chyby při výrobě má v sobě zakomponován opačný konektor (tedy na místo „male“ má „female“), tudíž pro spojení používám prodlužovací kabel na RS 232 s upraveným zapojením vodičů.

Spojení probíhá rychlostí 2400Bd (Baud udává počet změn signálu za sekundu) a formát přenášeného paketu je desetibitový: start bit, 8 bitů dat a jeden stop bit. Komunikace probíhá na principu, kdy se přístroji pošle jedno bytový příkaz, on ho vykoná a pošle zpět odpověď, buď jako výsledek měření, nebo potvrzení o provedení úkolu, které reprezentuje byte 88H.

Seznam příkazů (byte a význam):

- 20H restart přístroje, jediný příkaz od kterého se nedočkáme odpovědi
- 21H přepnutí do módu měření milivolt
- 22H přepnutí do módu měření relativních milivolt
- 23H přepnutí do módu měření pH
- 24H přepnutí do módu měření koncentrace
- 25H vypnutí/zapnutí zobrazování posledního digitu na displeji přístroje
- 26H zobrazení směrnice a teploty na malých displejích (efekt je patrný pouze v módu měření pH a koncentrace)
- 27H zobrazení kalibračních bodů na malých displejích (efekt je patrný pouze v módu měření pH a koncentrace)
- 10H požadavek na změření teploty
- 11H požadavek na změření aktuálně vybrané veličiny (v podstatě vrátí přesně to, co je uvedeno na displeji)

Výsledek měření se vrací ve speciálním šestibytovém formátu:

- 1. byte představuje kód měřené veličiny, kde 20H je teplota a 21H až 24H jsou měřené veličiny dle výše uvedené tabulky, v případě chyby při měření (na vstupních svorkách je napětí mimo měřený rozsah nebo je odpojeno teplotní čidlo) má tento byte hodnotu 55H
- 2. až 4. byte reprezentují mantisu ve tvaru A,BCDE (0A BC DE)
- 5. byte reprezentuje znaménko (00H kladné a 01H záporné)
- 6. byte udává exponent, kladný 10^X pro byte 0XH a záporný 10^{-X} pro byte 1XH

Tabulka 3 Formát výsledku zasílaný z MPH 372

1. byte	Kód veličiny nebo chyba							
2. byte	0	0	0	0	A			
3. byte	B				C			
4. byte	D				E			
5. byte	0	0	0	0	0	0	0	Zn.
6. byte	0	0	0	Zn. exp.	Exponent			

Ačkoliv komunikace je na pohled poměrně jednoznačná, občas přináší i některá úskalí. Po odeslání příkazu restartování přístroje probíhá několik málo vteřin kontrola všech displejů a po většinu této doby MPH 372 ignoruje příkazy po sériové lince. Vzhledem k tomu, že vykonání požadavků trvá přístroji poměrně dlouhou dobu (stovky milisekund až vteřiny), je příkaz o změně módu měření přístroji odesílán pouze v případě, když uživatel opravdu požádá o jiný typ hodnoty, nežli naposledy měřil. Problém však může vzniknout, jestliže obsluha přímo na přístroji manuálně změní mód. V tomto případě aplikace dostane úplně jiná data, než které očekávala. Další nepříjemnou vlastností je, že příkazy ke změně rozsahu, zobrazení směrnice a kalibračních bodů nedávají žádnou zpětnou vazbu o tom, jaké je jejich aktuální nastavení. Z pohledu uživatele u PC však tyto příkazy nemají velký význam, proto na ně dále již není kladen důraz.

3.3 Propojení pH metru MPH 372 s PC

V počátečních fázích řešení bakalářské práce nebyl k dispozici skutečný pH metr. Aby bylo možné začít pracovat, byla vytvořena dynamická knihovna (DLL), jež nabízela funkce zapouzdřující komunikaci s přístrojem. Návrátové hodnoty jednotlivých funkcí však byly generovány softwarově. Idea, že po vyrobení skutečného MPH 372 dojde pouze k vyměnění této knihovny, se bohužel nenaplnila, protože změny v programu byly tak rozsáhlé, že se ukázalo výhodnějším začít aplikaci tvořit znovu. Vzhledem k poměrně dlouhé době mezi vysláním požadavku a odpovědí od MPH 372 (stovky milisekund až sekundy) bylo nutné minimalizovat počet požadavků na jednotlivá měření.

3.4 Nejnižší komunikační vrstva

Do této kategorie lze zařadit dvě procedury a dvě funkce, které pracují se sériovým portem na nejnižší úrovni.

- *procedure OtevriPort(JmenoPortu:String)*
- *procedure ZavriPort*
- *function NactiByte: integer*
- *function ZapisByte(B: Byte): Boolean*

Otevření portu zapouzdřuje procedura *OtevriPort*, která jako jediný parametr vyžaduje textový řetězec s názvem portu (např. COM1). Nejprve se vytvoří soubor, jenž bude komunikovat se sériovým portem tak, aby ostatní funkce mohly v tomto souboru přímo zapisovat nebo číst. K tomu je využita funkce *CreateFile*, která po zadání správných parametrů tento soubor vytvoří a vrátí jeho handle (jednoznačný číselný identifikátor v systému). Funkce *CreateFile* se řadí mezi funkce Windows API, protože Object Pascal jako objektový jazyk ze svého principu handly nepoužívá. Dále se nastaví zpoždění (tzv. timeouty) a parametry komunikace (rychlost a formát přenášeného znaku). V případě chyby při otevírání portu se vyvolá výjimka s informačním textem.

Pro načtení z portu se volá funkce *NactiByte*, jež vrací přímo číslo ve formátu *integer*. Pokud na port nic nového nepřišlo, vrátí hodnotu „-1“. Naopak funkce *ZapisByte* zajistí zapsání bytu předaného v parametru na port. V případě neúspěchu

vrátí hodnotu „false“. Poslední z této nejnižší vrstvy je procedura zajišťující uzavření portu *ZavriPort*. Procedura umožňuje uzavření sériového portu (například pokud jej potřebuje využívat jiná aplikace), aniž by bylo třeba vypínat celou aplikaci.

3.5 Střední komunikační vrstva

Do této kategorie lze zařadit dvě funkce zajišťující načtení konkrétních dat přímo z MPH 372.

➤ *function VratVelicinu(Typ:char):TData*

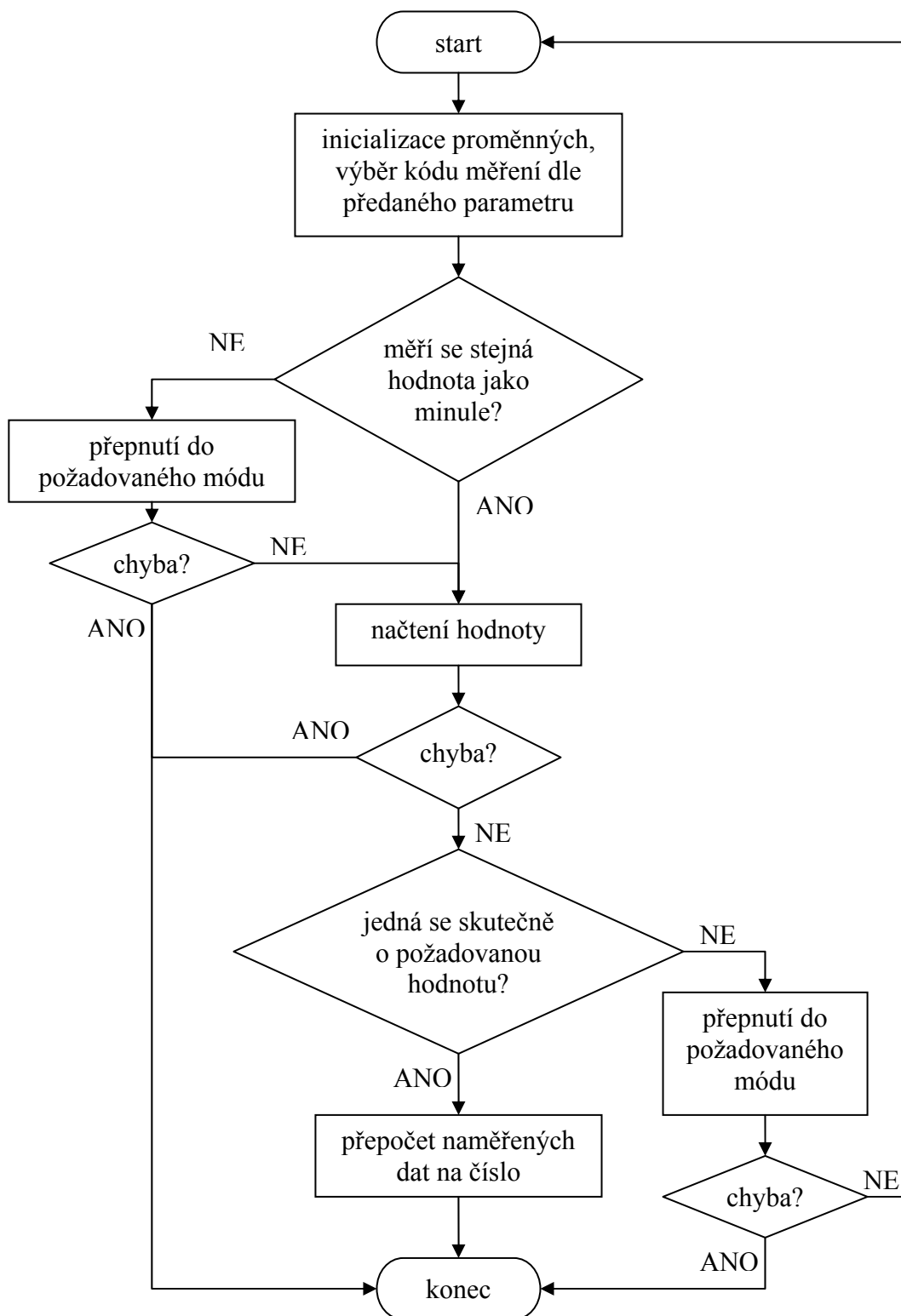
➤ *function VratTeplotu: TData*

Funkci *VratVelicinu* je předáván jako parametr znak reprezentující první písmeno veličiny, kterou je nutno změřit. Funkce vrací hodnotu typu *TData* s naměřenou hodnotou požadované veličiny. Typ *TData* je record (záznam) složený z položky *hodnota* (typu *real* – plovoucí řádová čárka), reprezentující hodnotu naměřené veličiny, a položky *chyba* (typu *boolean* – bitová proměnná True nebo False), nesoucí informaci o chybě (viz bod 4.2 Komunikační protokol MPH 372). Pro komunikaci s přístrojem jsou použity funkce z nejnižší komunikační vrstvy (*ZapisByte* a *NactiByte*).

Funkci *VratVelicinu* lze stručně charakterizovat pomocí níže uvedeného diagramu na obrázku 4.

Rekurzivní volání funkce *VratVelicinu* v praxi nastává pouze v případě, pokud obsluha přístroje manuálně změní přímo na přístroji mód měření.

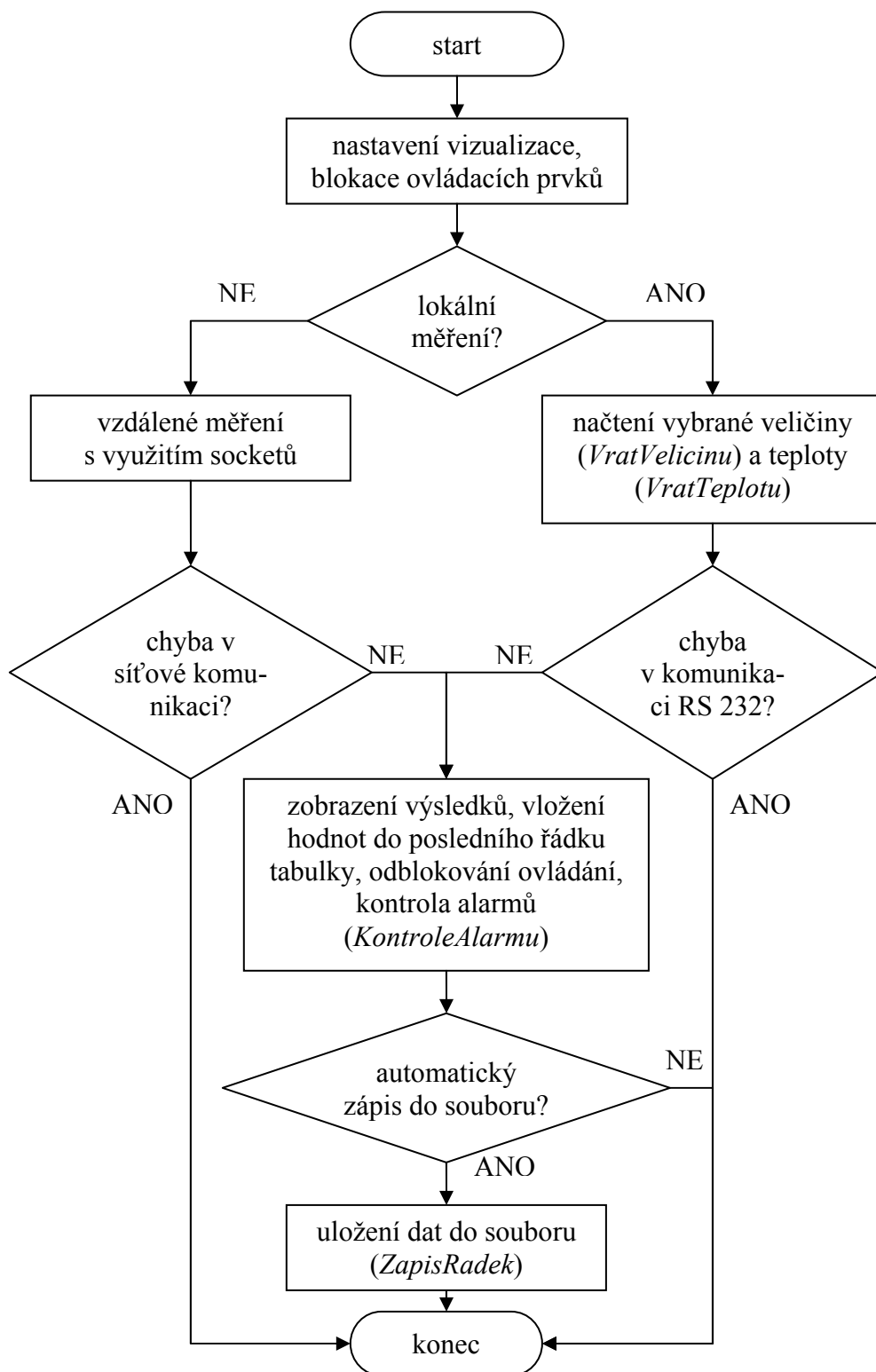
Funkce *VratTeplotu* posílá MPH 372 přímo požadavek o změření teploty, který není závislý na aktuálně nastaveném módu měření. Koncepce samotného kódu programu je v obou případech podobná. Principiální odlišnosti jsou ve zpracování chyb. Při výskytu jakékoliv chyby ve funkci *VratVelicinu* naměřená hodnota automaticky přestává dávat smysl, zatímco v případě funkce *VratTeplotu* informace o chybě předaná v komunikačním protokolu MPH 372 informuje o odpojení teplotního čidla, a to pouze v módu měření pH nebo koncentrace. Hodnota se dále standardně zpracovává, pouze je třeba informovat uživatele, že se nejedná o změřenou hodnotu, nýbrž o hodnotu načtenou z paměti MPH 372. V případě chyby spojení mezi počítačem a MPH 372 je chyba zakódována přímo do číselné hodnoty jako číslo -999.



Obrázek 4 Vývojový diagram funkce *VratVelicinu*

3.6 Nejvyšší komunikační vrstva

Do této vrstvy lze zařadit proceduru *RychleMereni*, jež kompletně zapouzdřuje požadavek na provedení měření. Podle aktuálního módu aplikace a uživatelem nastavených ovládacích prvků volá příslušné komunikační funkce nižších vrstev. Stará se o správné zobrazení výsledků a ošetřuje chyby vzniklé při komunikaci. Dále volá funkci pro kontrolu překročení alarmů *KontrolaAlarmu*, a pokud je nastaveno automatické ukládání do souboru, tak i funkci pro uložení posledního řádku tabulky do souboru *ZapisRadek*.



Obrázek 5 Vývojový diagram procedury *RychleMereni*

4. Zpracování a uchování dat

4.1 Typy souborů

Aplikace pracuje nejen s naměřenými daty, nýbrž potřebuje si také ukládat informace o svém vlastním nastavení, popřípadě i záznamy o proběhlých alarmech. K tomu využívá soubory různých typů. Obecně je práce se souborem obdobná jako s jiným datovým typem. Obsahuje položky stejného typu, jejichž počet není předem znám a je omezen pouze velikostí diskové kapacity. Obecný postup manipulace se všemi typy používaných souborů je shodný. Nejprve je třeba deklarovat proměnnou pro přístup k souboru. Deklarované proměnné se přiřadí konkrétní diskový soubor. Po otevření souboru následuje vlastní manipulace s daty v něm obsaženými, jako čtení a zápis. Po ukončení práce se souborem by se měla aplikace vždy postarat o jeho uzavření.

Pro ukládání naměřených dat je využit tzv. binární soubor. Typ položky, kterou soubor obsahuje, se volí při deklaraci proměnné zastupující soubor. Práce se souborem je oproti textovému souboru rychlejší a pokud je třeba ukládat číselné hodnoty i ekonomičtější, co se úspory místa týče. Například číslo 2000000000 zabere v textovém souboru prostor deseti bytů (přesněji 10 znaků), zatímco v binárním souboru třeba jen 4 byty (pokud je deklarováno jako integer). Nevýhodu zde má ukládání textových řetězců (string), u kterých, z důvodu unifikace jednotlivých záznamů, je třeba předem znát jejich délku. Bez použití aplikace, která zná typ položky, ze kterých se soubor skládá, je soubor prakticky nečitelný.

Druhým často využívaným typem souboru je tzv. textový soubor. Aplikace jej používá k ukládání záznamu o proběhlých alarmech do souboru *Alarmy.log*, který se nachází v adresáři s aplikací. Soubor se vytvoří až po prvním použití této funkce. V principu se jedná o speciální typ binárního souboru složeného z položek typu znak (char). Znaky jsou dále členěny do řádků, které mohou mít obecně různou délku. Kromě samotných znaků a řetězců znaků lze přímo ze souboru načítat i číselné hodnoty (celočíselného i reálného typu), ale z důvodu konverze do vnitřního formátu čísla je načítání mnohem pomalejší než v případě binárního souboru. Textové soubory jsou velmi vhodné pro ukládání tzv. log souborů, protože je lze bez problémů otevřít

v jakémkoliv textovém editoru. Z pohledu programátora je také poměrně snadné vložit několik informací do jednoho řádku tak, aby byly pro uživatele snadno čitelné. Naopak rozložit tento řádek zpět na jednotlivé informace je obecně mnohem náročnější. Z pohledu jazyka Object Pascal se také za textový soubor považuje standardní vstup a výstup (tedy klávesnice a monitor).

Posledním typem souboru, který využívá aplikace, je tzv. inicializační soubor (*.ini). Již dlouhou dobu patří ke standardnímu způsobu uchovávání uživatelských nastavení a údajů. V principu se jedná o textový soubor, ale manipulace s ním je zapouzdřena ve třídě *TIniFile*. Práce s inicializačním souborem se tedy oproti předchozím dvěma případům mírně liší. Aby mohla aplikace využívat třídu *TIniFile*, je třeba do sekce *Uses* přidat jednotku *IniFiles*, ve které je třída definována. Pomocí konstruktoru *TIniFile.Create*, kterému je jako parametr předán název souboru, se vytvoří konkrétní instance třídy. Třída *TIniFile* nabízí řadu různých funkcí pro načítání a ukládání hodnot do souboru. Hodnoty jsou v souboru členěny do sekcí a ke každé hodnotě je také přiřazen název, což zajišťuje jeho dobrou čitelnost pomocí textového editoru. Inicializační soubor není vhodný pro ukládání většího množství dat, protože s rostoucí velikostí souboru se prodlužuje doba potřebná k zapsání resp. uložení hodnoty do souboru. Vzhledem k tomu, že nezáleží na pořadí požadavků, aplikace musí vždy prohledávat celý soubor, tudíž je práce s tímto typem souboru nejpomalejší. Výhodou tohoto způsobu uložení inicializačních údajů oproti systémovým registrům, které se k tomuto účelu také často používají, je jeho nezávislost na operačním systému.

4.2 Zpracování naměřených dat

Aktuálně naměřené hodnoty se zobrazí nejen v záložce *Měření*, ale lze je také nalézt na konci tabulky v záložce *Tabulka*. Data zobrazená v tabulce vždy přímo odpovídají datům uloženým v souboru, kromě posledního řádku, který slouží jako náhled před uložením. Pokud uživatel povolí automatické ukládání, jsou naměřená data (neobsahující chyby) automaticky ukládána do souboru (poslední řádek tedy zůstává prázdný). S aktuálně naměřenými hodnotami se pracuje pomocí proměnné typu *TRadek*,

kterou reprezentuje záznam složený z časové značky (typu *TDateTime*), informace o typu uložené veličiny (typu *integer*), hodnoty samotné (typu *real*), teploty (typu *real*) a poznámky o délce třiceti znaků (typ *string[30]*). Naměřená data jsou ukládána do binárního souboru *tabulka.tbd* (pokud uživatel nevybere jiný), složeného z položek typu *TRadek*. Aplikace se sama stará o to, aby uložená data byla řazena podle časové značky.

Uložená data jsou zobrazena v již zmíněné tabulce typu *TStringGrid*. Uživateli je umožněno několika intuitivními způsoby vstoupit do editace poznámky nebo smazat jeden či několik záznamů v tabulce. Pomocí několika ovládacích prvků v záložce *Tabulka* může uživatel vybrat určité řádky a sloupce tabulky, které lze zobrazit v grafu nebo exportovat do jiného souboru dle vlastních parametrů.

Pokud vybere zobrazení v grafu, aplikace se přepne do záložky *Graf* a zobrazí vybranou oblast pomocí přehledného grafu. Na osu y lze vynést jakoukoliv měřenou veličinu včetně teploty. Na ose x lze zobrazit buď indexy jednotlivých měření, nebo časovou značku (vzdálenost mezi jednotlivými naměřenými vzorky pak nemusí být obecně konstantní).

Pokud je zvolen export do souboru, otevře se nám klasický *SaveDialog*, pro výběr cíle exportu. Výsledný soubor je textového typu, kde je jako oddělovač použit uživatelem zvolený znak. Na výběr je také formát CSV pro export do většiny tabulkových procesorů.

4.3 Alarmy

Jedním z možných použití aplikace je kontrola dodržování daných parametrů roztoku při kontinuálním měření. Aplikace může hlídat překročení hodnoty vybrané veličiny nad zvolenou hranici nebo naopak poklesnutí pod tuto hranici a různými způsoby na ně upozornit uživatele. Na výběr jsou vizuální a zvuková upozornění nebo záznam do textového souboru pro pozdější zpracování.

Práci s alarmy v aplikaci zapouzdřují dvě procedury:

- *procedure KontrolaAlarmu(Velicina: char; Hodnota: Real)*
- *procedure AkceAlarm(Velicina: char; Hodnota, Hranice: Real)*

Po úspěšném měření je vždy volána procedura *KontrolaAlarmu*, které se předá v jejích parametrech typ měřené veličiny a hodnota samotná. Procedura nejprve zjistí, zda se má daná veličina vůbec kontrolovat. Pokud ano, zkontroluje, zda se naměřená hodnota nachází v povolených mezích a jestliže dojde k jejich překročení, zavolá proceduru *AkceAlarm*, která zajišťuje vyvolání uživatelem vybrané akce.

The image shows a software dialog box titled "Alarmy". It is divided into two main sections. The first section, "Spustit pokud" (Trigger if), contains five rows of settings. Each row has a checkbox, a comparison operator, a text input field, and a unit. The settings are: "Milivoly" (checkbox unchecked, operator ">", value "0", unit "mV"), "Relativní mV" (checkbox unchecked, operator ">", value "0", unit "mV"), "pH" (checkbox checked, operator "<", value "5,578", unit "pH"), "Koncentrace" (checkbox unchecked, operator ">", value "0", unit "mol/l"), and "Teplota" (checkbox checked, operator ">", value "29,7", unit "°C"). The second section, "Akce alarmu" (Alarm action), contains five checkboxes: "Připnutí Windows" (unchecked), "Přehrát zvuk 'alarm.wav'" (checked), "Grafické upozornění" (unchecked), "Zaznamenat do souboru 'Alarmy.log'" (checked), and "Zobrazit v okně" (unchecked). Below the "Přehrát zvuk" checkbox are two buttons: "Jiný" (Other) and "Přehraj" (Play).

Obrázek 6 Možnosti nastavení alarmů

5. Módy aplikace

Aplikace musí umožňovat nejen provádět měření přímo na připojeném MPH 372, ale zároveň tatáž aplikace musí sloužit jako server umožňující měření jiné vzdálené aplikaci nebo naopak se musí umět chovat právě jako ona vzdálená aplikace. Chování aplikace je tedy závislé na stavu (módu), ve kterém se právě nachází.

5.1 Autonomní mód

V autonomním módu se aplikace nachází vždy po svém spuštění a jediné odtud se uživatel může přepnout do zbylých dvou módů. Po navázání spojení jsou k dispozici veškeré funkce pro ovládání MPH 372, tedy nejen měřící, ale i další pro reset MPH 372, změnu rozsahu, zobrazení směrnice nebo kalibračních bodů. Uživatel může pracovat s naměřenými daty a nastavovat parametry alarmů.

5.2 Serverový mód

Do serverového módu se uživatel dostane pomocí tlačítka *Start server* v záložce *Nastavení*. Pro úspěšný přechod do serverového módu musí být k počítači připojen pH metr a navázáno spojení mezi ním a počítačem. Jestliže tomu tak není, aplikace se pokusí navázat spojení sama, a pokud se jí to nepodaří, nepovolí přechod do serverového módu. Pokud spojení proběhne úspěšně, aplikace zablokuje veškeré ovládací prvky kromě tlačítka *Stop server* pro návrat zpět do autonomního módu. Naopak se aktivuje komponenta *ClientServer*, která začne na zvoleném portu naslouchat síťové komunikaci. Podle příchozího požadavku provede požadované měření a výsledky odešle zpět k odesilateli požadavku. Posledních padesát požadavků je zobrazeno na *ListBoxu* umístěném na záložce *Nastavení*. Záznamy obsahují konkrétní znění požadavku (včetně těch, která aplikace nedokázala rozpoznat), IP adresu odesílatele a časovou značku.

Aplikace se tedy v tomto módu chová jako „transformátor“, jenž přijímá požadavky ze vzdáleného počítače pomocí protokolu TCP/IP a posílá je přes sériovou linku MPH 372 a zpět.

5.3 Klientský mód

Do klientského módu se uživatel dostane pomocí tlačítka *Start klient* v záložce *Nastavení*. Pro úspěšný přechod do klientského módu musí být navázáno spojení s aplikací pracující v serverovém módu na vzdáleném počítači. Uživatel musí správně zvolit IP adresu počítače, na kterém serverová aplikace běží, a port, na kterém naslouchá. Aplikace se chová velmi podobně jako v autonomním módu. Zablokovány jsou pouze další funkce MPH 372 (reset, změna rozsahu, zobrazení směrnice nebo kalibračních bodů), protože jejich efekt by uživatel mohl pozorovat pouze přímo na displeji MPH 372, což se v tomto módu nepředpokládá. V závislosti na rychlosti spojení mezi oběma aplikacemi může dojít k prodloužení doby časové odezvy na zpracování daného požadavku měření. S nejčastějším použitím se počítá v podnikových sítích typu LAN (Local Area Network), kde se zpoždění pohybuje v řádu desítek milisekund, což je oproti době zpracování požadavku MPH 372 zanedbatelné.

6. Sít'ová komunikace

Téměř veškerá komunikace mezi počítači je dnes založena na protokolu IP (Internet Protocol). IP je to, co drží internet pohromadě, a právě podpora jednotného IP umožňuje kterémukoliv zařízení komunikovat se všemi ostatními. Jedná se o tzv. nespojovanou službu, což znamená, že jednotlivé datagramy cestují zcela samostatně. Komunikace je typu „best effort“ („maximální úsilí“), což znamená, že důraz je kladen na maximální rychlost doručení datagramu k cíli s minimální režií. Zda skutečně dojde k doručení a zda budou datagramy doručeny ve stejném pořadí, jako byly odeslány, IP neřeší.

Charakter IP komunikace by většině aplikací nevyhovoval, proto nad ním vznikl další protokol tzv. TCP (Transmission Control Protocol), někdy také označován TCP/IP. TCP oproti IP zjemňuje adresaci na úroveň aplikací a zajišťuje spolehlivou přepravu. Ačkoliv pakety cestují sítí samostatně, z pohledu aplikace se TCP jeví jako spojovaná služba. TCP využívá řadu důmyslných metod k zajištění spolehlivé a při tom efektivní komunikace.

V Delphi je komunikace přes TCP zapouzdřena do tzv. socket interface nebo zkráceně jen sockets. Pomocí socketů je možno využívat důležité funkce TCP aniž by bylo třeba se nějak starat o vnitřní mechanismy TCP. Od vyšších verzí Delphi postupně přibývají různé další palety komponent, které slouží pro komunikaci v Internetu pomocí různých protokolů - např. záložky FastNet nebo Indy (Internet Direct).

Ke vzdálené komunikaci aplikace využívá komponenty *ClientSocket* a *ServerSocket*. Pro zahájení spojení je třeba na jedné straně aplikaci kde bude aktivní komponenta *ServerSocket* (vlastnost *Active* nastavena na *true*), na straně druhé se teprve pak může aktivovat komponenta *ClientSocket* v jiné aplikaci. Pokud je funkční sít' a je správně nastavena IP adresa a číslo portu, dojde k ustavení spojení. Sockety obecně umožňují zasílání dat třemi způsoby: jako textový řetězec (*string*), jako buffer (tedy posloupnost bytů bez ohledu na typ přenášených dat) nebo jako proud (*stream*).

V našem případě je požadavek na server zasílán jako textový řetězec, který je přímo zobrazen v aplikaci pracující v serverovém módu mezi posledními požadavky.

Odpověď je zasílána pomocí metody *SendBuf*, které se jako parametr předá záznam obsahující naměřená data a počet bytů pro odeslání.

Při komunikaci obecně neplatí, že adresát dostane stejný počet zpráv, jaký odesílatel vyšle. Pokud jsou zprávy příliš dlouhé, mohou být díky infrastruktuře sítě rozděleny, nebo naopak pokud je vysláno více krátkých zpráv ihned po sobě, mohou být sloučeny do jedné. Vzhledem k charakteru komunikace však v našem případě žádná ze zmiňovaných možností nemůže nastat.

7. Závěr

Cílem práce bylo vytvořit aplikaci, jež umožňuje prostřednictvím PC provádět měření na MPH372, který je připojen prostřednictvím RS 232.

Při zpracování naměřených dat byl kladen důraz na základní operace s daty (přidávání, odstraňování a editaci) a možnost jejich exportu dle uživatelem zadaných parametrů. Složitější operace s daty jsou přenechány tabulkovým procesorům, které jsou za tímto účelem konstruovány a řada z nich je dostupná prakticky zadarmo. Při vývoji aplikace byla testována možnost zpracování dat v databázi pomocí BDE (Borland Database Engine). Vzhledem k redukci datové struktury na jednu tabulku a k požadavku na maximální samostatnost aplikace, bylo od této cesty upuštěno.

Podle módu, ve kterém je nastavena, aplikace umožňuje vzájemnou síťovou komunikaci prostřednictvím protokolu TCP/IP. Měření lze tedy provádět i ze vzdáleného počítače.

Konkrétní použití MPH 372 je většinou poměrně specifické, a není proto možné, aby aplikace dokonale splňovala požadavky každého zadání. Hlavním účelem vývoje aplikace bylo demonstrovat možnosti MPH 372 a získat zkušenosti, díky kterým by bylo možné aplikaci poměrně rychle přizpůsobit konkrétním požadavkům uživatele.

Aplikace byla vyvíjena v prostředí Borland Delphi 7 pod operačním systémem Windows XP, kde byla také testována. Pro testování síťového spojení byla použita zpětnovazební smyčka (localhost), síť LAN a několikrát byla testována komunikace v rámci internetu.

Další vývoj aplikace bude směřovat k přidání funkcí, jež jsou charakteristické pro přístroje vyšší třídy. Jednou z možností je přenesení matematické části měření do počítače, což by umožňovalo snadnou implementaci nových algoritmů.

Použitá literatura

- [1] Firemní dokumentace měřicího zařízení MPH 372
- [2] Cantú, M.: Myslíme v jazyku Delphi 6, Grada, Praha, 2002
- [3] Jiří Sedláček, Jiří Slaba: Delphi v kostce, BEN, Praha 1997
- [4] Václav Kadlec: Umíme to s Delphi (<http://www.zive.cz>)
- [5] Ivan Jaksch: přednášky CMS (Číslicové Měřicí Systémy)
- [6] <http://rs232.hw.cz/>

Příloha A – Manuál k pH metru MPH 372

Obsah:

1. Úvod
2. Instalace
 - 2.1 Instalace
 - 2.2 Odinstalace
 - 2.3 Soubory obsažené v instalačním balíku
 - 2.4 Soubory vytvořené po prvním spuštění
3. Návod k obsluze
 - 3.1 Připojení pH metru k PC
 - 3.2 Standardní-autonomní mód
 - 3.3 Síťový serverový mód
 - 3.4 Síťový klientský mód
 - 3.5 Alarmy
 - 3.6 Práce s tabulkou
4. Problémy
 - 4.1 Spojení přes RS 232
 - 4.2 Spojení po síti
 - 4.3 Výchozí nastavení

1. Úvod

Aplikace je určena k měření na pH metru MPH 372 přes sériovou linku RS 232. Měření lze také provádět pomocí vzdáleného počítače, připojeného do sítě pomocí protokolu TCP/IP, tedy odkudkoliv z internetu. Je možné provádět okamžitá měření nebo kontinuální s volitelným časovým intervalem. Pomocí tzv. alarmů lze nastavit hranice, ve kterých se mají měřené veličiny pohybovat. Po jejich překročení dojde

ke grafickému nebo zvukovému upozornění uživatele, popř. k záznamu do souboru. Naměřená data lze manuálně nebo automaticky ukládat do tabulky. Vybrané záznamy lze odstranit, zobrazit v grafu nebo exportovat do textového souboru dle vlastních parametrů, lze využít i přednastavený standardní formát CSV, pro snadný převod do téměř jakéhokoliv tabulkového procesoru.

2. Instalace

2.1 Instalace

Pokud jste to již neudělali, tak rozbalte instalační balík na pevný disk počítače. Je NUTNÉ, aby uživatel programu měl právo zapisovat do složky, ve které je program umístěn. Při běhu programu se nedoporučuje otvírat pomocné soubory. V případě dlouhodobého záznamu dat v krátkých intervalech je třeba počítat i s určitým volným místem pro jejich uložení. Pokud se aplikace spouští z pomalejšího média (např. výměnná média jako flashdisk, disketa,...), je možné, že startování a ukončování programu může trvat i několik sekund.

2.2 Odinstalace

Pro odinstalování stačí pouze program vypnout a smazat složku „pH metr MPH 372“. Veškeré konfigurační informace, aplikace samotná a DATA (pokud nevyberete jiné úložiště) jsou v této složce.

2.3 Soubory obsažené v instalačním balíku

Alarm.wav – standardní zvuk při alarmu

Manual.rtf – tento dokument

MPH372.exe – samotná aplikace

2.4 Soubory vytvořené po prvním spuštění

Alarmy.log – textový soubor obsahující záznamy o alarmech (lze otevřít pomocí jakéhokoliv textového procesoru)

MPH372.INI – inicializační soubor (pamatuje si nastavení programu)

Tabulka.tbd – standardní binární soubor s naměřenými daty (lze otevřít pouze touto aplikací)

3. Návod k obsluze

3.1 Připojení pH metru k PC

Nejprve propojíme datovým kabelem pH metr s PC. Přístroj zapneme a připravíme k měření dané veličiny dle návodu k obsluze přístroje. Spustíme aplikaci a v záložce *Nastavení* v panelu *Spojení* vybereme port, na který jsme přístroj připojili. Po stisku tlačítka *Otevři port* dojde k obsazení portu a k otestování spojení s přístrojem. Je možné zaškrtnout políčko *Automatické připojení*, aby došlo k navázání spojení automaticky při spuštění aplikace, avšak je třeba počítat s drobným zpožděním při startu aplikace.

3.2 Standardní-autonomní mód

Po úspěšném propojení přístroje s PC se v záložce *Měření* zpřístupní funkce pro měření. V levém horním rohu lze vybrat, jaký typ veličiny chcete z přístroje načíst. Jedno okamžité měření lze provést pomocí tlačítka *Načti*, které je také umístěno v záložce *Tabulka*. Měření lze provádět automaticky ve zvoleném časovém intervalu, který je možno nastavit v panelu *Automatické načítání*. Spuštění se provede zaškrtnutím políčka *Aktivováno*, nebo tlačítkem *Start* ve stavovém řádku. Vypnutí funguje obdobně. O průběhu informuje posuvník umístěný ve stavovém řádku. Naměřené hodnoty se zobrazí v záložce *Měření* a na posledním řádku tabulky v záložce *Tabulka* (tento řádek je připraven k zápisu, ale není uložen v tabulkovém souboru, viz bod 3.6 – Práce s tabulkou). V tomto módu jsou také dostupné i tzv. *Další funkce pH metru*, jejichž efekt lze pozorovat na displeji přístroje. Jedná se o restart přístroje, změna rozsahu zobrazované veličiny, zobrazení kalibračních bodů a směrnice.

3.3 Síťový serverový mód

Pokud chcete provádět měření ze vzdáleného počítače, je nejprve třeba na počítači připojeném přímo k pH metru spustit aplikaci a přepnout ji do tzv. serverového módu. Podle bodu 3.1 provedeme propojení. V záložce *Nastavení* vybereme port, na kterém bude aplikace naslouchat. Port může mít hodnotu 0 až 65535. Doporučuje se vybírat mezi 1025 až 65535. Samotné spuštění se provede stiskem tlačítka *Start server*. Pokud již nebylo navázáno spojení s přístrojem, aplikace se o to pokusí sama. Ve stejné záložce je také zobrazen seznam posledních požadavků na aplikaci ze vzdálené strany, včetně IP adresy klientského počítače.

3.4 Síťový klientský mód

Pokud dle bodu 3.3 spustíme aplikaci v serverovém módu, je možné se k ní připojit ze vzdáleného počítače pomocí aplikace v tzv. klientském módu. V záložce *Nastavení* nejprve vybereme IP adresu počítače, na kterém běží aplikace v serverovém módu, a číslo portu, na kterém naslouchá (shodné s tím, které je nastaveno na serverové aplikaci). Stiskem tlačítka *Start klient* dojde k navázání spojení se vzdálenou aplikací a k odemknutí funkcí jako v autonomním módu kromě funkcí na panelu *Další funkce pH metru*, které by v tomto módu neměly smysl.

3.5 Alarmy

V záložce *Nastavení* na panelu *Alarmy* lze nastavit hranice, jež by měřené veličiny neměly překročit. Kliknutím na tlačítko > resp. < lze určit, zda se má hlídat přetečení nebo podtečení hranice zadané v textovém poli napravo. Kontrola se provádí na uživatelem vybraných veličinách při každém měření. Při překročení zadaných mezí se vyvolají vybrané akce. Na výběr jsou dvě zvuková upozornění – buď standardní „pípnutí“ Windows, nebo přehrání zvuku ve formátu wav dle vlastního výběru (standardně je přednastaven zvukový soubor alarm.wav, který je součástí instalačního balíku). Pokud počítač nedisponuje zvukovým výstupem, je možno použít grafické upozornění. Je-li třeba informace o překročení parametru zachovávat pro další zpracování, je možné je nechat zaznamenávat do textového souboru alarmy.log.

Záznam probíhá na pozadí, ale lze ho také zobrazit ve vlastním okně, kde je možno také soubor s alarmy snadno vymazat nebo uložit kopii pod jiný název.

3.6 Práce s tabulkou

Naměřené hodnoty lze nejen zobrazovat, ale také ukládat do tabulky, kterou naleznete v záložce *Tabulka*. Standardně se data ukládají do souboru *tabulka.tbd* v adresáři s aplikací. Samozřejmě lze založit novou tabulku pod jiným názvem, otevřít jinou nebo vymazat stávající. K tomu slouží tři tlačítka umístěná v horní části. Název aktuálně používaného datového souboru je zobrazen v levé dolní části. Pokud je soubor v jiné složce než samotný program, je zde uvedena kompletní cesta k němu.

Aktuálně naměřená hodnota se objeví v posledním řádku tabulky. Pokud při měření nenastala chyba, je možné ji zapsat do souboru pomocí tlačítka *Zapiš*. Je-li třeba zaznamenávat každou naměřenou hodnotu, stačí zaškrtnout políčko *Automatické ukládání*. V takovém případě se po každém měření provede automaticky záznam do souboru (poslední řádek bude tedy vždy prázdný).

Záznam se skládá z data a času měření, teploty, měřené veličiny a poznámky. Jedinou poznámku lze upravovat ručně. Do editace poznámky lze vstoupit dvojitým kliknutím myši nad vybraným řádkem nebo stiskem klávesy *Enter* na zvýrazněném řádku. Pro uložení je třeba opět stisknout *Enter*, jinak dojde k návratu na původní hodnotu. Pokud je třeba k následujícím záznamům přidávat stále stejnou poznámku, je možné zaškrtnout políčko *Kopírovat poznámku* a ke každému novému záznamu bude automaticky přidána poznámka z posledního řádku tabulky.

Odstranění záznamu se provádí pomocí klávesy *Delete*. Odstranit lze buď jeden aktuálně označený záznam, nebo i celý výběr, který lze vytvořit při držení klávesy *Shift* a stisku jedné z těchto kláves: *kurzorové klávesy*, *PageUp*, *PageDown*, *Home* nebo *End*.

Aplikace umožňuje dvě operace s naměřenými daty. Panely *Řádky* a *Sloupce* slouží k výběru dat, se kterými se bude pracovat. Řádky lze vybrat buď všechny, nebo pouze vybrané (stejně jako při mazání pomocí klávesy *Shift*). Možnosti při výběru sloupců se liší podle vybrané operace. Jestliže při výběru sloupců je zaškrtnuto políčko *čas*, zobrazí se v grafu na ose x jako nezávisle proměnná. Pro zobrazení grafu již stačí

pouze na panelu *Operace s vybranými daty* vybrat políčko *zobrazit v grafu* a stisknout tlačítko *Proveď operaci*. Aplikace se automaticky přepne do záložky *Graf* a zobrazí vybraná data v přehledném grafu. Druhou možnou operací s vybranými daty je jejich export do textového souboru. V panelu *Oddělovač*, který je umístěn vlevo dole, lze vybrat, jaký typ oddělovače bude použit mezi jednotlivými sloupci. Na výběr je standardní mezerník, středník, znak dle vlastního výběru nebo lze použít standardní formát CSV (Comma Separated Value = Čárkami Oddělené Hodnoty). Z důvodu možné záměny s desetinnými čárkami jsou v rámci formátu CSV použity pro oddělení sloupců středníky namísto čárek. Uznávány jsou oba možné formáty, takže většina tabulkových procesorů (obzvláště v české lokalizaci) by s tím neměla mít problém.

4. Problémy

4.1 Spojení přes RS 232

Nefunguje-li spojení přes RS 232, je nutné zkontrolovat, zda je přístroj zapnut (start trvá několik vteřin), zda je správně připojen kabel typu PC-PC (obě koncovky female s kříženými datovými vodiči) a zda-li je v aplikaci nastaven správný port (COM1 nebo COM2). Při přetrvávajících problémech se doporučuje vypnout všechny programy, které by mohly obsadit sériový port, popř. restartovat počítač (obzvláště pokud bylo k portu dříve připojeno jiné zařízení).

4.2 Spojení po síti

Nefunguje-li spojení po síti, je vhodné nejprve zkontrolovat shodné nastavení čísla portu na straně serveru a klienta a správnost IP adresy, na které běží serverová aplikace. Některé firewally dokáží blokovat i naslouchání serverové aplikace a může dojít k „zamrznutí“ aplikace při přechodu do tohoto módu. Firewall se obvykle po určité době buď zeptá, zda chcete povolit naslouchání, nebo budete muset povolit naslouchání manuálně. Obvykle je třeba povolit příchozí spojení na port, na kterém serverová aplikace naslouchá, a odchozí spojení na straně klientské aplikace. Počítač, na kterém běží serverová aplikace, musí být jednoznačně identifikovatelný pomocí IP adresy, což

může být problém, pokud jednu IP adresu sdílí více počítačů. Obecně platí, že čím zabezpečenější je síť (obzvlášť je-li připojena k internetu), tím obtížnější bývá navázání spojení. V případě pochybností proto raději kontaktujte svého správce sítě.

4.3 Výchozí nastavení

Aplikace si při ukončení zapamatuje většinu změn nastavení, které uživatel provedl a uloží je do souboru *MPH372.INI*. Pokud z nějakého důvodu bude třeba vrátit aplikaci do stavu, ve kterém byla po nainstalování (bez smazání naměřených dat), nebo dojde k poškození inicializačního souboru *MPH372.INI*, stačí jednoduše tento soubor smazat a aplikace si ho při novém spuštění opět vytvoří s původním výchozím nastavením.

Příloha B – Návod k obsluze pH metru MPH 372

pH/ mV/ ion metr

MPH 372



Návod k obsluze

1. Popis přístroje

Přístroj MPH 372 je stolní laboratorní přístroj. Na šikmém panelu je umístěn hlavní displej indikující hodnoty milivoltů, relativních milivoltů, pH nebo koncentrace a dva vedlejší displeje indikující hodnoty směrnice a teploty nebo hodnoty kalibračních standardů. Na vodorovné části přístroje je umístěna klávesnice pro ovládání přístroje a LED diody indikující režim, ve kterém se přístroj právě nachází. Na zadní straně přístroje jsou umístěny zdířky pro připojení elektrod, ATC sondy, počítače a adaptéru. Schéma přístroje je patrné z následujícího obrázku:



2. Použití výrobku

Iontový analyzátor MPH 372 je stolní laboratorní přístroj určený k přímému měření hodnot koncentrace iontů v roztocích za pomoci iontově selektivních elektrod, k měření pH využitím pH skleněných elektrod, nebo pH kovových elektrod (antimonová, bismuthová) nebo k měření napětí článků při užití platinových redox elektrod. Užitím teplotního čidla lze na displeji sledovat i teplotu měřeného vzorku. Přístroj je napájen 12 V stejnosměrným stabilizovaným zdrojem. Je opatřen výstupem RS 232 pro komunikaci s počítačem.

3. Funkce přístroje

- | | | |
|----|-------------------------------------|--|
| a) | měření koncentrace v rozsahu | $9,99 - 1,00 \cdot 10^{-9}$ |
| b) | měření pH v rozsahu | 0,000-14,000 pH |
| c) | měření napětí v rozsahu | $\pm 1999,9 \text{ mV}$ |
| d) | měření relativního napětí v rozsahu | $\pm 1999,9 \text{ mV}$ |
| e) | měření teploty v rozsahu | $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |

4. Technické údaje

a) měření koncentrace	rozsah	9,99 -1.10 ⁻⁹
	rozlišení rel.	0,01
	přesnost	±0,02
b) měření pH	rozsah	0,000 – 14,000 pH
	rozlišení rel.	0,001 pH
	přesnost	±0,002 pH
c) měření napětí	rozsah	±1999,9 mV
	rozlišení rel.	0,1 mV
	přesnost	±0,2 mV
d) měření relativního napětí	rozsah	±1999,9 mV
	rozlišení rel.	0,1 mV
	přesnost	±0,2 mV
e) měření teploty	rozsah	-5 °C až +105 °C
	rozlišení rel.	0,1 °C
	přesnost	±1 °C
Nastavení izoterm. bodu		pH 7,000
Vstupní impedance		větší než 10 ¹³ Ω
Vstupy	BNC konektor	-pro měrnou elektrodu
	banánek	-pro referenční elektrodu
	adaptér	-pro adaptér 12 V
	RS 232	-pro počítač
Kalibrace	dvoubodová	
Teplotní kompenzace	manuální	
	ATC sonda	
Zobrazovač	LED display	
Hmotnost	900 g bez adaptéru	
Napájení	12 V SS stabiliz. zdroj	
Rozměry	270x190x120 mm	

Paměťové funkce

- a) Zapamatování poslední měřené hodnoty pH
- b) Zapamatování poslední měřené hodnoty koncentrace
- c) Zapamatování poslední měřené hodnoty směrnice
- d) Zapamatování poslední vložené hodnoty kalibračních standardů

5. Příprava elektrod k měření

- a) měření s Pt redox elektrodami nevyžaduje žádnou zvláštní přípravu
 - b) měření s elektrodami „solid state“ - elektrody ponořte asi na 1-3 hod. před měřením do 10^{-3} M standardního roztoku
 - c) měření elektrod s plastickou membránou - elektrodu ponořte do standardu 10^{-4} mol/l na 24 hodin
 - d) měření s pH elektrodami - elektrodu ponořte do pufru pH 7 na 24 hodin
 - e) plynové elektrody - do vnitřního pláště dejte vnitřní roztok, vložte vnitřní článek, smontujte a ponechte 24 hodin
 - f) kovové pH elektrody - ponořte elektrodu asi na 15 - 30 min. do pufru pH 7
- Standardní roztoky připravte dle návodu k elektrodám.

6. Ovládání přístroje MPH 372

Na klávesnici přístroje je tlačítko ON/OFF, kterým se přístroj zapíná a vypíná. Předtím je nutné přístroj připojit k síťovému napětí. Ovládání přístroje je realizováno tlačítkovou klávesnicí a indikací modu, ve kterém je měření prováděno (koncentrace, pH, mV, nebo relativní milivoly). Při komunikaci s počítačem se rozsvítí LED dioda s označením RS 232. Při používání tlačítkové klávesnice dbejte na to, abyste dané tlačítko na klávesnici dobře stiskli, aby došlo k sepnutí požadované funkce. Je vhodné při používání tlačítkové klávesnice tlačítko 1-2 sekundy přidržet, čímž je zajištěno, že požadovaná funkce je sepnuta. Přístroj je konstruován tak, že při zadávání hodnot koncentrace, pH nebo teploty do paměti přístroje nezadáme desetinnou tečku, ale jen numerické hodnoty. Desetinná tečka nebo znaménko minus je zapnutím dané funkce (SET CONC, SET pH nebo SET T) pevně zadána. Po každém novém zapnutí přístroje

se osvětlí všechny displeje a LED diody a přístroj se vrátí do režimu, ve kterém bylo naposledy měřeno. Postupným stisknutím tlačítka MODE můžeme sepnout požadovanou funkci. Po zapnutí přístroje, kdy se přístroj vrátí do režimu, ve kterém bylo měřeno, můžeme stisknutím tlačítka RCL vyvolat poslední měřenou hodnotu dané funkce, hodnota zůstává v paměti přístroje až do doby kdy vypneme přístroj, nebo přepneme do jiného režimu. Pak je hodnota v paměti přístroje změněna a je zaregistrována poslední hodnota před vypnutím přístroje, kalibrační hodnoty zůstávají zachovány dokud tlačítkem SET nezařadíme hodnoty nové. Pokud připojíme teplotní čidlo je na displeji neustále snímána teplota měřeného vzorku. Hodnota směrnice elektrody zobrazovaná na displeji přísluší podmínkám, za kterých byla prováděna kalibrace, hodnota měřeného pH na hlavním displeji je přepočítána na podmínky teploty, za které měření provádíme. Pokud odpojíme teplotní čidlo od přístroje, objeví se na displeji vedle hodnoty směrnice poslední manuálně nastavená teplota. Pokud stiskneme tlačítko CHANGE RANGE, snížíme citlivost přístroje. Dalším stisknutím téhož tlačítka se citlivost přístroje vrátí do předcházejícího stavu. Tlačítko RCL Cal slouží k vyvolání hodnot kalibračních standardů na vedlejším displeji. Stisknutím tlačítka SLOPE/T se na displeji znovu objeví hodnota směrnice při kalibraci a aktuální teplota, pokud je zapojeno teplotní čidlo. Pokud je čidlo odpojeno, objeví se hodnota manuálně nastavené teploty při kalibraci nebo teplota posledně manuálně nastavené teploty na vedlejším displeji vedle hodnoty směrnice.

7. Měření teploty a manuální nastavení teploty

Stiskněte tlačítko SET T a запиšte numerickou hodnotu teploty na číselné klávesnici. Hodnota teploty se objeví na hlavním displeji. Stiskněte tlačítko ENTRY. Tím je hodnota teploty zapsána do paměti přístroje.

Pokud chcete měřit s teplotním čidlem, připojte jej do zdířky ATC.

8. Měření napětí

Připojte do zdířky SENSE indikační elektrodu a do zdířky REF referenční elektrodu. Pokud užijete kombinovanou pH elektrodu, pak ji připojte do zdířky SENSE.

Zdířka REF zůstane volná. Zapněte přístroj a tlačítkem MODE přepněte do režimu milivolt. Elektrodový pár ponořte do měřeného roztoku. Na displeji se objeví hodnota napětí měřeného článku. Vyčkejte její ustálení.

9. Měření relativního napětí

Postupujte stejně jako u měření napětí. V okamžiku, kdy chcete změřit relativní napětí vzhledem k měřenému vzorku, stiskněte tlačítko MODE. Přístroj se dostane do režimu relativního napětí a na displeji se objeví 000. Další měřené napětí daného článku bude vztaženo k této předcházející hodnotě.

10. Měření pH

Zapněte přístroj. Připojte do zdířky ATC sondu nebo nastavte teplotu manuálně podle bodu 7. Při kalibraci zachovejte stejnou teplotu obou kalibračních pufrů. Připojte kombinovanou elektrodu do zdířky SENSE nebo jednoduchou pH elektrodu do zdířky SENSE a referenční elektrodu do zdířky REF. Tlačítkem MODE přepněte do režimu pH.

Jako příklad proved'te nastavení pufrů pH 6,865 a 4,008 při 25 °C.

Stiskněte tlačítko SET CON/pH. Na numerické klávesnici, která je nyní odblokovaná pro číselný údaj, nastavte hodnotu 6,865 (desetinná tečka se nenastavuje). Stiskněte tlačítko ENTRY - tím se hodnota prvního kalibračního bodu zapíše do paměti přístroje a přístroj je připraven akceptovat hodnotu druhého kalibračního bodu. Na numerické klávesnici opět запиšte hodnotu 4,008 a stiskněte tlačítko ENTRY. Tím jsou do paměti přístroje zaznamenány hodnoty obou kalibračních pufrů, na které budeme elektrody kalibrovat. Ponořte kombinovanou pH elektrodu nebo elektrodový pár pH elektroda - referenční elektroda do prvního kalibračního pufru a stiskněte tlačítko CAL CON/pH. Roztokem dobře zamíchejte, ponechte ustálit napětí článku (na hlavním displeji se objeví hodnota napětí článku) a poté stiskněte tlačítko ENTRY. Tím je přiřazena hodnota napětí článku v prvním kalibračním pufru číselné hodnotě zapsané v přístroji. Přístroj je připraven akceptovat hodnotu druhého kalibračního pufru. Vyjměte elektrodu nebo elektrodový pár z prvního kalibračního pufru a dobře ji

opláchněte destilovanou vodou a osušte buničitou vatou. Ponořte elektrodu nebo elektrodový pár do druhého kalibračního pufru - v našem případě do pufru o pH 4,008. Roztokem dobře zamíchejte a vyčkejte ustálení potenciálu. Poté stiskněte tlačítko ENTRY. Na vedlejší displeji se objeví vypočítaná hodnota směrnice a teplota, při které byla kalibrace prováděna. Na hlavním displeji se objeví hodnota pH posledního kalibračního pufru, ve kterém jsou elektrody ponořeny. Hodnota nemusí vždy přesně odpovídat hodnotě kalibračního standardu (záleží na stabilitě kombinované pH elektrody nebo užitého elektrodového páru). Pokud nepotřebujete přesnost 0,001 pH můžete tlačítkem CHANGE RANGE změnit citlivost přístroje. Dalším stisknutím téhož tlačítka se přístroj vrátí do původního stavu. Pokud jste měli manuálně nastavenou teplotu 25 °C a budete měřit vzorky při jiné teplotě, stiskněte tlačítko SET T a zařaďte teplotu novou na numerické klávesnici. Stiskněte tlačítko ENTRY. Na vedlejší displeji se objeví nová hodnota teploty a pH se automaticky přepočítává na tuto novou teplotu. Pokud měříte s teplotním čidlem, je na vedlejší displeji neustále zobrazována aktuální teplota a pH měřených vzorků je na tuto teplotu neustále přepočítáváno. Pokud chcete znát hodnotu kalibračních pufrů na které jste přístroj kalibrovali, stiskněte tlačítko RCL CAL. Na vedlejší displeji se objeví hodnoty obou kalibračních standardů.

11. Měření koncentrace

Zapněte přístroj. Připojte do zdířky ATC sondu nebo nastavte teplotu manuálně podle bodu 7. Při kalibraci zachovejte stejnou teplotu obou kalibračních standardů. Připojte iontově selektivní elektrodu do zdířky SENSE a referenční elektrodu do zdířky REF. Proveďte nastavení kalibračních bodů takto:

Jako příklad proved'te nastavení na dva kalibrační chloridové standardní roztoky o koncentracích $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ M Cl}^-$ a $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Cl}^-$. Koncentraci můžete nastavit pro tyto dva standardy v hodnotách mol/l nebo g/l. Tlačítkem MODE uveďte přístroj do režimu koncentrace. Stiskněte tlačítko SET CON/pH. Na numerické klávesnici, která je nyní odblokována pro příjem numerické hodnoty prvního kalibračního standardu, nastavte jeho numerickou hodnotu, pro náš případ stiskněte tedy tlačítka numerické klávesnice

v tomto pořadí 1003. Desetinnou tečku ani znaménko exponentu není třeba zadávat, protože je zadáno v programu přístroje. Stisknutím tlačítka ENTRY je hodnota prvního kalibračního standardu zapsána do paměti přístroje a přístroj je připraven akceptovat hodnotu druhého kalibračního standardu. Pro náš příklad stiskněte tlačítka 1002. Poté stiskněte tlačítko ENTRY. Tím je druhý kalibrační standard zapsán do paměti přístroje. Ponořte elektrodový pár chloridová ISE - referenční elektroda do prvního kalibračního standardu a stiskněte tlačítko CAL CONC/pH. Roztokem dobře zamíchejte a nechte ustálit napětí článku. Poté stiskněte tlačítko ENTRY. Tím byla hodnota napětí článku prvního kalibračního standardu přiřazena v paměti přístroje k jeho numerické hodnotě. Přístroj je připraven akceptovat hodnotu napětí druhého kalibračního standardu. Elektrodový pár vyjměte z prvního kalibračního standardu dobře opláchněte destilovanou vodou a osušte buničitou vatou. Elektrodový pár ponořte do druhého kalibračního standardu. Roztokem dobře zamíchejte a ponechte ustát elektrodové napětí článku. Poté stiskněte tlačítko ENTRY. Tím je napětí článku druhého kalibračního standardu přiřazeno v paměti přístroje k jeho numerické hodnotě. Na vedlejší displeji se objeví hodnota směrnice a teplota, při které bylo měření prováděno. Pokud měříte s teplotním čidlem je na displeji neustále zobrazována aktuální teplota. Pokud chcete zobrazit hodnoty kalibračních standardů stiskněte tlačítko RCL CAL. Na vedlejší displeji se zobrazí numerické hodnoty obou kalibračních standardů.

Podobně postupujte pokud chcete měřit koncentraci chloridů v hodnotách g/l. Pro námi uvedený příklad kalibračních standardních roztoků platí vztah:

$$1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l Cl}^- = 3,55 \cdot 10^{-2} \text{ g/l Cl}^-$$

$$1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l Cl}^- = 3,55 \cdot 10^{-1} \text{ g/l Cl}^-$$

Postupujte stejně jako v prvním příkladu. Stiskněte tlačítko SET CON/pH. Na číselné klávesnici nastavte hodnotu prvního kalibračního standardu takto: 3552. Stiskněte tlačítko ENTRY. Zapište hodnotu druhého kalibračního standardu postupným stisknutím tlačítek v tomto pořadí 3551. Stiskněte tlačítko ENTRY. Tím je i druhý kalibrační bod zadán do paměti přístroje. Dále proveďte kalibraci stejně jako v předcházejícím případě.

12. Propojení MPH 372 s PC

Přístroj je s PC propojen standardním kabelem pro sériovou komunikaci na konektor COM1 nebo COM2. Komunikace probíhá pomocí sériové linky RS 232 rychlostí 2400 Bd. Znaky se vysílají výstupem TxD a přijímají vstupem RxD. Formát znaku je desetibitový: start bit, 8 bitů znaku, stop bit.

Komunikace MPH 372 s PC

1. Ovládání přístroje z PC

Pomocí PC lze nastavit režim měření (MODE) a požádat o změřenou hodnotu aktuální veličiny nebo teploty.

Ovládání je 1bytové s tímto významem:

- 20H RESET přístroje
- 21H MODE milivolt
- 22H MODE relative milivolt
- 23H MODE pH
- 24H MODE concentration
- 25H CHANGE RANGE
- 26H RCL SLOPE/T
- 27H RCL CAL

Po nastavení se do příslušného režimu odpoví přístroj 1bytovou zprávou 88H.

Potom je možné požádat o změřenou hodnotu:

- 10H hodnota teploty
- 11H hodnota aktuální měřené veličiny

2. Odeslání změřené hodnoty do PC

Výstupní protokol je:

6bytový v případě bezchybného změření požadované veličiny:

1. byte kód měřené veličiny podle výše uvedené tabulky (21H až 24H) 20H
v případě teploty
2. až 4. byte mantisa ve tvaru A.BCDE (0A BC DE)

5. byte 00H V znaménko mantisy
01H „-“ znaménko mantisy
6. byte 0XH kladný exponent, kde X je hodnota exponentu 1XH záporný exponent

1bytový v případě chybového měření ostatních veličin

1. byte 55H

Příklady výstupního protokolu:

koncentrace $4.85 \cdot 10^{-5}$	24 04 85 00 00 15
pH -8.453	23 08 45 30 01 00
pH 0.528	23 05 28 00 00 11
mV -1654.8	21 01 65 48 01 03
°C 22.5	20 02 25 00 00 01
°C ERROR/25.0	50 02 50 00 00 01
mV ERROR	55
pH ERROR	55

Příklad komunikace přepnutí MPH 372 do režimu měření pH a opakování měření pH a teploty:

PC → MPH 372	23	požadavek na přepnutí do měření pH
MPH 372 → PC	88	MPH 372 přepnut
PC → MPH 372	11	požadavek na hodnotu pH
MPH 372 → PC	23 01 02 52 00 01	pH 10,252
PC → MPH 372	10	požadavek na hodnotu teploty
MPH 372 → PC	20 02 34 00 00 01	23,4 °C
Prodleva např. 1 min.		
PC → MP 372	11	požadavek na hodnotu pH
MPH 372 → PC	23 01 02 48 00 01	pH 10,248
PC → MPH 372	10	požadavek na hodnotu teploty
MPH 372 → PC	20 02 35 00 00 01	23,5 °C
atd.	pokračování měření pH a teploty	